

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 3931379 A1**

⑳ Aktenzeichen: P 39 31 379.4
㉔ Anmeldetag: 20. 9. 89
㉕ Offenlegungstag: 29. 3. 90

⑤① Int. Cl. 5:
F02 D 23/00
F 02 B 29/08
F 02 B 33/00
F 02 B 33/34

DE 3931379 A1

③⑩ Innere Priorität: ③② ③③ ③①
21.09.88 DE 38 32 090.8

⑦① Anmelder:
Leitholf, Peter, Dipl.-Ing., 8650 Kulmbach, DE

⑦④ Vertreter:
Kinzebach, W., Dipl.-Chem. Dr.phil.; Riedl, P.,
Dipl.-Chem.Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 8000 München

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

⑤④ **Verbrennungsmotor mit externer Aufladung**

Die Erfindung betrifft einen Verbrennungsmotor mit Verbrennungskammer, Ein- und Auslaßventilen an der Kammer und Aufladung der Frischluftzufuhr, der dadurch gekennzeichnet ist, daß ein den größten Teil der Kompression des Motors übernehmender externer Kompressor und Einlaßventile, die kurz vor oder am oberen Totpunkt des Kolbens die Zufuhr der komprimierten Frischluft bzw. des fertigen Luft/Kraftstoffgemisches schließen, vorgesehen sind.

DE 3931379 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Verbrennungsmotor, bei dem die notwendige Verdichtung der Frischluftzufuhr zum größten Teil außerhalb des Zylinderraumes über einen Kompressor erfolgt, so daß im Zylinderraum lediglich eine Nachverdichtung stattfindet.

Die für einen Verbrennungsprozeß notwendige Bereitstellung von verdichteter Frischluft kann auf unterschiedliche Arten erfolgen. Beispielsweise wird beim Saugmotor die Außenluft, aufgrund eines durch die Abwärtsbewegung des Kolbens erzeugten Unterdrucks, über das geöffnete Einlaßventil in den Zylinderraum angesaugt und anschließend in der Aufwärtsbewegung des Kolbens verdichtet. In diesem Fall erfolgt die Verdichtung des Luft/Kraftstoffgemisches ausschließlich über die Kolbenverdichtung.

Um nun eine Leistungssteigerung des Verbrennungsmotors zu erreichen, wird dem Verbrennungsraum eine vorverdichtete Frischluftladung durch Steigerung des Ansaugdruckes über Außendruck zugeführt. Die Ladedruckerhöhung wird dabei über eine Kombination aus Abgasturbine und Lader derart verwirklicht, daß zunächst die im Abgas enthaltene Energie über die Abgasturbine in mechanische Energie umgewandelt wird und durch die gemeinsame Welle der Abgasturbine mit dem Lader der Druck der Ladeluft erhöht wird.

Diese Art der Vorverdichtung wirkt zwar auf der einen Seite leistungssteigernd, wohingegen der Gesamtwirkungsgrad abnimmt, da der Wirkungsgrad des Abgasturboladers noch hinzukommt. Deshalb wird diese Art der Aufladung selten bei Gebrauchsmotoren, eher bei Sport- und Rennmotoren eingesetzt. Außerdem ist nur eine Aufladung im Bereich der Vollast Leistung sinnvoll, da im Teillastgebiet immer eine Drosselung erforderlich ist. Da mit der Ladeluftverdichtung außerdem die Neigung zu klopfender Verbrennung zunimmt, ist eine Ladeluftkühlung angebracht, wodurch der Wirkungsgrad aber weiter verschlechtert wird.

Aus der DE-PS 8 66 873 ist eine Vorrichtung zur Bildung eines Brennstoffgemisches, insbesondere ein Vergaser, bekannt, der bzw. dem der Brennstoff unter Druck zugeführt wird. Hierbei geht es um ein Ventil in der Brennstoffleitung, das von einem auf den Druck in der Brennstoffleitung und den Luftdruck in der Ansaugleitung ansprechenden Glied gesteuert wird.

Insgesamt kann festgestellt werden, daß die Kombination aus Abgasturbolader und üblichen Verbrennungsmotor eine Kombination aus Vorverdichtung im Lader und einstufiger Nachverdichtung im Zylinderraum darstellt, wobei der Anteil der Vorverdichtung im Lader klein ist gegenüber der Nachverdichtung im Zylinderraum. Diese weiterhin stattfindende einstufige Kolbenverdichtung, trotz der Vorverdichtung durch den Abgasturbolader, führt deshalb zu einem unwirtschaftlichen Gesamtprozeß.

Aus der DE-OS 24 10 948 ist eine Brennkraftmaschine bekannt, bei der die Verbrennungsluft annähernd isotherm komprimiert und danach durch die heißen Abgase aufgeheizt wird. Dabei wird ein Teil der komprimierten Heißluft zum Vergasen, Vorwärmen und/oder Komprimieren eines Brennstoffes abgezweigt und die Verbrennungsluft und das gebildete Brenngas werden in annähernd stöchiometrischen Mengen getrennt zu einer Brennerdüse geführt, in dieser vermischt und durch Selbstzündung mit einem nur geringen Luftüberschuß ohne Drucksteigerung verbrannt. Nachteilig ist hierbei, daß eine Verbrennung ohne Drucksteigerung

angestrebt wird und hierzu komplizierte Maßnahmen erforderlich sind.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades zu erzielen. Dies wird durch eine Verlagerung der Verdichtungsarbeit aus dem eigentlichen Zylinderraum heraus in einen in der Frischluftzufuhr liegenden Kompressor erreicht.

Dadurch ist nun, anstatt der einstufigen Kolbenverdichtung, eine regelbare und mehrstufige Verdichtung mittels eines externen Kompressors möglich.

Um gegenüber der einstufigen Kolbenverdichtung eine wirtschaftlichere Verdichtung der Ladeluft zu erzielen, kann der externe Verdichter mehrstufig ausgeführt werden. Ein Verdichtungsprozeß sollte idealerweise nach einer isothermischen Zustandsänderung ablaufen, d.h. Druckerhöhung und Volumenverringerung sollten bei konstanter Temperatur ablaufen. Eine isothermische Verdichtung kann allerdings nur erreicht werden, wenn die Verdichtungsarbeit als Wärme abgeführt wird, d.h. die Maschine muß gekühlt werden. Häufig wird durch kleine Wärmeübertragungsflächen und Schnellläufigkeit nur eine unvollkommene Kühlung der Kompressoren bewirkt. In diesem Falle nähert sich die Verdichtung mehr einer adiabatischen Zustandsänderung, da praktisch keine Wärmeenergie mit der Umgebung während des Verdichtungsprozesses ausgetauscht wird.

Eine Verringerung der hierdurch entstehenden adiabatischen Mehrarbeit kann durch stufenweise Verdichtung mit Zwischenkühlung erreicht werden.

Anhand einer zweistufigen Luftkompression soll dies näher erläutert werden. Die Luft wird in der ersten Stufe vom Anfangsdruck auf den Zwischendruck adiabatisch verdichtet. Dabei steigt die Temperatur an. Im Zwischenkühler wird die Luft bei nahezu konstantem Zwischendruck abgekühlt; im Idealfall wieder bis auf Anfangstemperatur. In der zweiten Stufe erfolgt die wiederum adiabatische Verdichtung vom Zwischendruck auf den Enddruck. Somit kann durch mehrstufige Verdichtung mit Zwischenkühlung bei zunehmender Unterteilung des Verdichtungs Vorganges dieser dem isothermischen Prozeß angenähert werden.

Außer der Verringerung der adiabatischen Mehrarbeit für den gesamten Verdichtungsprozeß bietet die zwei- oder mehrstufige Verdichtung mit Zwischenkühlung den Vorteil einer Erniedrigung der Endtemperatur der Luft. Für den mehrstufigen Verdichter wird der Arbeitsbedarf am geringsten, wenn das Druckverhältnis in allen Stufen gleich groß gewählt wird.

Die geschilderten Vorteile der mehrstufigen Verdichtung können dazu benützt werden, die Nachteile des einstufigen Kolbenverdichtungsprozesses zu vermeiden, wenn der größte Teil der Verdichtungsarbeit für den Verbrennungsmotor von einem externen Kompressor übernommen wird.

Dabei kann dieses Konzept sowohl auf den Otto-Prozeß als auch auf den Diesel-Prozeß angewendet werden. Bei Einsatz der mehrstufigen Verdichtung beim Otto-Prozeß ergibt sich der weitere Vorteil, daß das Luft/Kraftstoffgemisch dem Verbrennungsprozeß mit niedrigerer Temperatur (ca. 50%) zugeführt werden kann, wodurch die Anforderungen an den Kraftstoff gesenkt werden können, wie z.B. niedrigere Oktanzahlen und Vermeidung von Additiven.

Die erreichbaren Wirkungsgradverbesserungen durch die "kältere" Einspeisung und höhere Verdichtung liegen im Vollastbereich bei 5-7%, während im Teillastbereich bis zu 30% möglich sind. Dabei kann der Verdichtungsgrad dem jeweiligen Belastungszustand

durch Regelung des Kompressors angepaßt werden.

Die bei hoher Kompression beim Verbrennungsprozeß entstehende hohe thermische Belastung des Motors kann durch innere Kühlung, z.B. durch Wassereinspritzung in den Brennraum / verringert und zum Gewinn von Expansionsarbeit verwendet werden.

Die heutigen Kompressoren, insbesondere die modernen Rotations- und Schraubenkompressoren, sind so klein und leistungsfähig geworden, daß sie zusammen mit einem normalen Verbrennungsmotor in einem üblichen Kraftfahrzeug untergebracht werden können.

Weitere Merkmale und Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen und aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen, die in den Zeichnungen dargestellt sind.

Es zeigen:

Fig. 1 den Einsatz der mehrstufigen Verdichtung zur Zylinderbeschickung eines Otto-Motors

Fig. 2 den Einsatz der mehrstufigen Verdichtung zur Zylinderbeschickung eines Diesel-Motors

Fig. 3 eine Ventilanordnung zur Regelung des Gesamt-Verdichtungsgrades.

Fig. 1 zeigt eine Prinzipanordnung eines Otto-Prozesses. Dabei besteht die Anordnung aus einem mehrstufigen Kompressor (2), einer Luft/Kraftstoffmischeinrichtung (3), einer Hubkolbenvorrichtung (5) und einer Abgasabfuhr (4).

Das konventionelle Taktspiel eines Otto-Motors nach dem Zweitakt- oder Viertaktverfahren wird derart abgeändert, daß das Einlaßventil für das Luft/Kraftstoffgemisch bis kurz vor dem Augenblick geöffnet bleibt, wo der Kolben den oberen Totpunkt erreicht und das Gemisch gezündet wird. Die gewünschte Kompression wird dabei vom Kompressor (2) durch Ansaugen der Frischluft (1) und nachfolgende mehrstufige Verdichtung bereitgestellt.

Somit wird die gesamte Verdichtungsarbeit von der unwirtschaftlichen einstufigen Kolbenverdichtung in die wirtschaftlichere mehrstufige Verdichtung des Kompressors (2) verlegt. Durch Veränderung der Verdichtung kann auch die Leistung des Motors entsprechend verändert werden. Im Teillastbereich kann die Zylinderbeschickung vollständig abgestellt werden und der Motor kann im "Leerlauf" betrieben werden. Weiterhin kann durch die zeitliche Verschiebung des Öffnungszeitpunktes des Einlaßventils relativ zur Zylinderbeschickung mit dem bereits verdichteten Luft/Kraftstoffgemisch, eine Kombination aus externer Verdichtung und interner Kolbenverdichtung erzielt werden. Die äußere Gemischbildung, wie sie für den Otto-Prozeß charakteristisch ist, kann dabei über eine konventionelle Vergaser- oder Einspritzanlage erfolgen.

Fig. 2 zeigt eine entsprechende Prinzipanordnung für den Diesel-Prozeß. Dabei besteht die Anordnung aus einem mehrstufigen Kompressor (2'), einer Aufheizeinrichtung (3'), einer Abgasabfuhr (4') und einer Kraftstoffzufuhr (5'). Beim Diesel-Prozeß wird das über eine innere Gemischbildung, im Gegensatz zur äußeren Gemischbildung beim Otto-Prozeß, entstandene Luft/Kraftstoffgemisch an der hoch verdichteten heißen Luft entzündet.

Die Verdichtung der angesaugten Frischluft (1') erfolgt ebenfalls wie in dem oben geschilderten Fall des Otto-Prozesses über eine mehrstufige Kompression durch den Kompressor (2'). Um die notwendige Prozeßtemperatur für die Selbstzündung zu erzielen, wird die komprimierte Frischluft durch die Abgasabwärme vor der Zylinderbeschickung aufgeheizt. Der Zylinder wird

über das geöffnete Einlaßventil mit der aufgeheizten und bereits komprimierten Luft beschickt. Am oberen Totpunkt der Kolbenbewegung wird über eine Einspritzpumpe der Kraftstoff im Zylinder hinzugemischt, und die anschließende Gemischexplosion leitet die Abwärtsbewegung des Kolbens ein. Dabei muß während der Warmlaufzeit des Dieselmotors die komprimierte Luft über eine Fremdheizung aufgeheizt werden.

Somit kann auch im Falle des Diesel-Prozesses die notwendige Verdichtungsarbeit durch einen externen Kompressor erfolgen und der Wirkungsgrad der Gesamtanordnung verbessert werden.

Fig. 3 zeigt eine Ventilanordnung im Verbrennungsraum für den Fall eines Viertakt-Motors, die es ermöglicht, den Zylinder mit komprimierter Luft zu beschicken und, falls gewünscht, eine Kombination aus Vorverdichtung durch den externen Kompressor und eine Nachverdichtung im Zylinder zu erzielen. Dabei besteht die Ventilanordnung aus einem Auslaßventil (6), einem Injektorventil bzw. Einlaßventil (7) und einem Ausgleichsventil (8). Das Auslaßventil (6) arbeitet wie ein "herkömmliches" Auslaßventil, das durch Öffnen des Auslaß-Querschnittes am Ende des Expansionshubes das Ausströmen der Verbrennungsgase ermöglicht.

Die eigentliche Zylinderbeschickung mit komprimierter Luft bzw. Luft/Kraftstoffgemisch erfolgt über das Injektorventil (7). Das Injektorventil (7) öffnet nach dem Schließen des Ausgleichsventils (8). Durch eine zeitliche Verschiebung des Ventiltakts (Öffnen/Schließen) in bezug zur Hubkolbenbewegung kann auch noch zusätzlich eine Nachverdichtung im Zylinderraum erfolgen. Beispielsweise kann durch ein frühes Öffnen bzw. frühes Schließen eine hohe Nachverdichtung erzielt werden, während durch ein spätes Öffnen bzw. spätes Schließen praktisch keine Nachverdichtung erfolgt. In diesem Fall ist der Verdichtungsdruck praktisch dem Vordruck, der durch den Verdichtungsgrad des Kompressors gegeben ist.

Das Ausgleichsventil (8) dient zur Vermeidung von Unterdruck und ungewollter Verdichtung im Zylinderraum. Es öffnet wie ein "herkömmliches" Einlaßventil und schließt vor dem Öffnen des Injektorventils (7).

Durch dieses Ausgleichsventil entsteht noch der Nebeneffekt, daß eine Kühlung durch Umgebungsluft erfolgt.

Patentansprüche

1. Verbrennungsmotor mit Verbrennungskammer, Ein- und Auslaßventilen an der Kammer und Aufladung der Frischluftzufuhr, **gekennzeichnet durch** einen den größten Teil der Kompression des Motors übernehmenden externen Kompressor (2, 2'), und ein Einlaßventil(e) (7), das (die) kurz vor oder am oberen Totpunkt des Kolbens die Zufuhr der komprimierten Frischluft bzw. des fertigen Luft/Kraftstoffgemisches schließt (schließen).
2. Verbrennungsmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kompressor (2, 2') als mehrstufiger Rotationskompressor ausgebildet ist.
3. Verbrennungsmotor nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch ein zusätzliches Ausgleichsventil (8).
4. Aufladungsverfahren für einen Verbrennungsmotor, wobei der Ladungswechsel mit vorverdichteter Frischluft erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß ein dem Zylinder mit Hubkolben vorgeschalteter Kompressor (2) die angesaugte Frischluft (1) so

verdichtet, daß vom Hubkolben (5) nur noch der kleinere Anteil der Verdichtungsarbeit übernommen werden muß.

5. Aufladungsverfahren für einen Verbrennungsmotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Mischung der durch den Kompressor (2) angesaugten und verdichteten Frischluft (1) mit dem Kraftstoff (3) außerhalb des Verbrennungsraumes erfolgt.

6. Aufladungsverfahren für einen Verbrennungsmotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Mischung der durch den Kompressor (2') angesaugten und verdichteten Frischluft (1') mit dem Kraftstoff (5') innerhalb des Verbrennungsraumes erfolgt, wobei vor dem Ladungswechsel die dem Verbrennungsraum zugeführte verdichtete Frischluft (1') aus der Abgaswärme aufgeheizt wird.

7. Aufladungsverfahren für einen Verbrennungsmotor nach Anspruch 4 dadurch gekennzeichnet, daß der Verdichtungsprozeß im Kompressor (2, 2') mehrstufig erfolgt.

8. Aufladungsverfahren für einen Verbrennungsmotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Ladungswechsel des Verbrennungsraumes über ein Auslaßventil (6), ein Injektorventil (7) und ein Ausgleichsventil (8) gesteuert wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

— Leerseite —

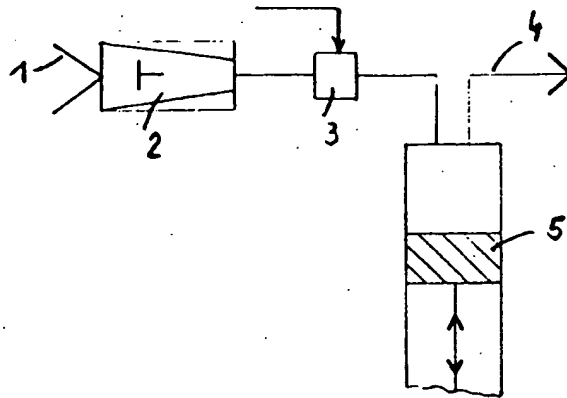


Fig. 1

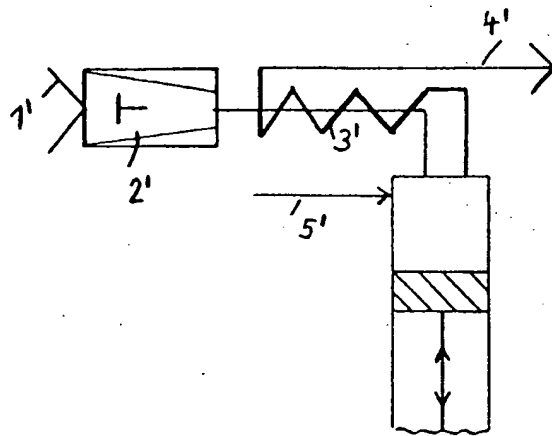


Fig. 2

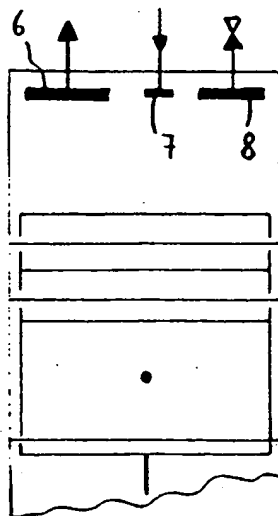


Fig. 3